

JJF XXXX-202X

《平面扫描 X 射线尺寸测量机校准规范》

编制说明

归口单位：全国几何量长度计量技术委员会

起草单位：深圳市计量质量检测研究院

中国计量科学研究院

起草单位：广州市计量检测技术研究院

深圳中国计量科学研究院技术创新研究院

# 目 录

一、概述.....	3
二、任务来源.....	4
三、编制过程.....	4
四、主要技术依据及原则.....	5
五、主要技术内容及说明.....	5

## 一、概述

平面扫描式 X 射线尺寸测量机基于锥束射线倾斜扫描和计算分层成像技术（Computed Laminography, CL），利用不同角度下 X 射线倾斜照射物体后的投影信息对物体内部进行三维重建测量，适用于板状物体的二维尺寸、三维尺寸等内部结构尺寸和缺陷的测量，如印刷电路板、机械产品等的检测，广泛应用于无损检测、材料分析等领域。区别于传统工业 CT，无需对被测物体进行 360 度立体扫描，通过平板探测器与物体在平行平面的扫描投影图像即可实现三维重建，兼具二维和三维几何量测量功能。目前此类仪器已在国内电子电路、芯片制造、3C 制造等各个行业广泛应用。实际应用中，该仪器常用于锡膏球分析、TSV/TGV 通孔测量、间隙、线径等的测量及缺陷分析，涉及到球形状、线宽、圆、圆柱、距离等几何形状和尺寸测量分析。由于该仪器测量原理、工作模式的特点，对于其尺寸测量误差、分辨力等主要性能技术参数指标和校准测试方法有特定的要求，已有的校准规范不能满足需求。平面扫描式 X 射线尺寸测量机在工业领域的应用使得其准确性和可靠性对产品质量控制至关重要，关乎集成电路、芯片等高端制造业的高质量发展。由于缺少针对性的计量校准规范，用户厂家在对平面扫描式 X 射线尺寸测量机的计量特性定义不统一，且不能进行准确的校准和溯源，无法对仪器测量性能进行有效评估，影响检测结果量值的评价和准确应用，不利于进行准确的质量控制，由此产生的质量风险和贸易纠纷风险较大。因此，研制平面扫描式 X 射线尺寸测量机规范，填补该测量仪器的校准技术规范空白，为该仪器研发生产和用户企业提供一个规范统一的计量技术标准，明确相关计量特性参数及校准方法，统一建立可追溯的标准器组，对于保障和提升此类仪器测量结果的准确性和可信度，保障应用行业领域的测量质控水平意义重大。同时规范的制定，有助于提高国内产品研发生产和应用的技术水平，使得国内在该领域的研发和制造更具竞争力，并由此支撑集成电路、芯片等重要行业创新和高质量发展。

国内外目前无针对平面扫描式 X 射线尺寸测量机的校准规范。平面扫描式 X 射线尺寸测量机与 X 射线探伤机、传统工业 CT 在测量原理、工作模式及应用场景等方面均有不同。已有的 JJG40-2011《X 射线探伤机》、JJF 1596-2016《X 射线工业实时成像系统校准规范》、JJF 2043-2023《工业用 X 射线 CT 装置校准规范》

等相关校准规范不适用于此类仪器，未给出此类仪器关注的尺寸测量误差等几何量特性的校准方法。相关的工业 CT 测试方法标准同样给出适用于平面扫描式 X 射线尺寸测量机的计量特性参数定义和测量方法。本规范的研制将填补国内平面扫描式 X 射线尺寸测量机校准规范的空白。

## 二、任务来源

根据国家市场监督管理总局 2024 年 5 月 31 日下达的国家计量技术规范制定计划（见市监计量发[2024]40 号文件“市场监管总局办公厅关于印发 2024 年国家计量技术规范制定、修订及宣贯计划的通知”），由深圳市计量质量检测研究院、中国计量科学研究院、广州市计量检测技术研究院、深圳中国计量科学研究院技术创新研究院联合制定《平面扫描式 X 射线尺寸测量机校准规范》（计划项目编号：MTC2-2024-02）。

## 三、编制过程

2024 年 6 月，国家市场监督管理总局下达规范编制计划任务后，深圳市计量质量检测研究院第一时间联系共同起草单位，抽调专业技术骨干正式组建了规范起草工作组，制定了详细的编制计划、实施步骤和实验方案等，明确了牵头负责人，落实规范编制工作。起草工作组成员为：郭继平、施玉书、詹高伟、李阿蒙、严杰文、刘夏、皮磊。

2024 年 7 月-9 月，起草工作组在前期技术调研的基础上，进一步对国内外相关技术标准进行了研究梳理，为适用于本校准规范仪器的校准方法提供借鉴。起草组对本校准规范仪器用户进行了充分调研，深入了解了用户在使用该仪器时重点应用的测量任务和关注的量值特征，基于此明确了主要校准参数。同时充分调研了市场上在用的平面扫描式 X 射线尺寸测量机产品，重点包括国外的欧姆龙，国内的日联、明锐理想等厂商的产品，并与深圳市计量质量检测研究院自研产品进行了比较，认为深圳市计量质量检测研究院自研产品在技术原理、测量功能、使用模式和标准技术参数指标等方面，与国内外产品机型基本一致，具有显著代表性。因此，起草组确定了深圳市计量质量检测研究院自

研产品用于规范制定过程中的实验验证、开展相关参数指标实验数据积累和分析。半年以来，起草组进行了规范所涉及指标的大量实验。

2024 年 10 月-12 月，起草组通过前期的研究和实验，完成了校准规范的初稿，并开展多次讨论，结合实验累计的数据，对关键计量特性参数、校准项目和方法进行了优化，完成了本规范的征求意见稿的编制，并完成试验报告和不确定度评定报告。

## 四、主要技术依据及原则

本规范聚焦平面扫描式 X 射线尺寸测量机在几何量参数测量方面的计量特性及校准方法。起草组在充分调研国内外 X 射线测量相关标准和技术规范基础上，本着科学合理，易于执行的原则，参考了部分技术标准的校准方法思路，同时充分考虑平面扫描式 X 尺寸测量机的技术特点，结合应用实际需求编制本校准规范技术内容。在制定中，本规范引用了以下文件：

- (1) JJF 1071—2010 国家计量校准规范编写规则
- (2) JJF 1059.1—2012 测量不确定度评定与表示
- (3) JJF (兵工民品) 0022-2023 X 射线三维尺寸测量机校准规范

## 五、主要技术内容及说明

平面扫描式 X 射线尺寸测量机是基于锥束射线倾斜扫描和计算分层成像技术 (Computed Laminography, CL)，利用不同角度下 X 射线倾斜照射物体后的投影信息对物体内部进行三维重建进而进行几何量测量分析的仪器，适用于板状物体的二维尺寸、三维尺寸等内部结构尺寸和缺陷的测量，如印刷电路板、机械产品等的检测，广泛应用于无损检测、材料分析等领域。本校准规范适用于具有二维或三维几何尺寸测量功能的平面扫描方式的 X 射线尺寸测量机的校准。

### 1. 内容结构

校准规范主要内容包括范围、引用文件、术语和计量单位、概述、计量特性、校准条件、校准项目和校准方法、校准结果表达、复校时间间隔，以及原始记录和证书内页格式、测量不确定度评定示例三个附录。

### 2. 主要计量特性参数

根据平面扫描式 X 射线尺寸测量机实际应用需求，规范中给出的主要计量特性参数如下：

- (1) 探测形状误差 ( $E_p$ )
- (2) 线宽测量示值误差 ( $E_w$ )
- (3) 圆直径测量示值误差 ( $E_c$ )
- (4) 圆柱直径测量示值误差 ( $E_{CD}$ )
- (5) 球直径测量示值误差 ( $E_s$ )
- (6) 球心距测量示值误差 ( $E_{SD}$ )
- (7) 多视野测量尺寸示值误差 ( $E_{MFOV}$ )

注：对仅有单视野测量模式的平面扫描 X 射线尺寸测量机不校准此项。

针对上述计量特性参数及其他相关术语，分别在规范文件中给出了明确的定义。

### 3. 校准条件

规定了校准时的环境条件要求，以及校准工作的通用基本要求和标准器和辅助设备要求。

### 4. 校准项目和校准方法

校准项目覆盖列出的全部计量特性参数，并增加结构分辨力校准项目，逐一给出了校准方法。

采用红宝石球对探测形状误差进行校准，并针对平面扫描技术特点获得非完整球数据情况下的测量点采集方法进行了规定。分别采用不同规格的线宽标准器、圆直径标准器、圆柱标准器、红宝石标准球、红宝石球棒/球板、分辨力卡对线宽测量示值误差、圆直径测量示值误差、圆柱直径测量示值误差、球直径测量示值误差、球心距测量示值误差、结构分辨力进行校准。同时针对平面扫描式 X 射线尺寸测量机多视野拼接测量的工作模式，采用红宝石球棒/球板，以球心距示值误差为表征，给出了多视野测量尺寸测量示值误差校准的方法。

校准方法充分考虑了平面扫描式 X 射线尺寸测量机的技术原理和实际应用场景需求，并考虑了校准规范实施的时效性，分别给出了各示值误差校准的测点位置分布和校准点设置原则。

复校时间间隔由用户根据使用情况自行确定，一般不超过 12 个月。

附录中给出了原始记录格式、证书内页格式和不确定度评定示例。